1-3 تصميم وتحليل التجارب:

0-1-3 تمهيد: [7]

علم تصميم وتحليل التجارب هو من احد فروع علم الاحصاء التطبيقي الذي يهتم بتطبيق الطريقة الاحصائية في التجربة العلمية ، ويختص بتخطيط واستغلال الامكانيات المتاحة لوضع انسب التصميمات التجريبية التي من خلالها يتم جمع البيانات وتحليلها على اساس علمي سليم يضمن الحصول على قرارات علمية بدرجة كافية من الدقة.

1-1-3 التجربة Experiment: [2]

وهي المرحلة الاولى من مراحل البحث الاحصائي و تعد التجربة اساس المعرفة اذ انها هي اداة الطريقة العلمية للوصول الى معرفة حقيقة الاشياء التي نهتم بها في جميع اوجه النشاط الانساني ويتم الوصول الى المعرفة عن طريق المشاهدة وجمع البيانات وتحليلها ثم استخلاص اكبر قدر ممكن من المعلومات وباقل التكاليف ويمكن تعريفها على انها تحقيق مخطط ومنظم للحصول على حقائق جديدة او لاثبات او نفي معلومات سابقة وهي مجموعة من الاجراءات تستخدم لاخذ عينات عشوائية من مجتمعات البحثوايضا يمكن تعريفها على انها وسيلة لدراسة العوامل التي تؤثر على ظاهرة معينة للحصول على نتائج جديدة او التاكيد او تعني نتائج قديمة حصل عليها من تجارب سابقة.

وتستخدم التجربة لاختبار الفرضيات واستكشاف العلاقات الجديدة من المتغيرات وعند التفكير في تجربة لابد من تحديد اهدافها وذلك عن طريق وضع الاسئلة المطلوب الاجابة عنها أوالنظريات الفرضية التي سيقع اختبارها او تاثير المعالجات المراد تقديرها ، وفي بعض الاحيان تقسم هذه الاهداف الى اهداف رئيسية واهداف ثانوية وذلك نظرا لكون بعض التصميمات تاخذ ذلك بعين الاعتبار حيث تعطي للاهداف الرئيسية درجة اكبر من الدقة ،ويمكن تلخيص التجربة في النقاط التالية:

1. تحديد المشكلة.
2. اختيار المتغير المؤثر.
3. تحديد العوامل التي ستجرى دراستها.
4. تحديد مستويات هذه العوامل (كمية ام وصفية – ثابتة ام عشوائية).
5. كيفية الربط بين مستويات العوامل.

وتنقسم التجربة بصورة عامة الى قسمين:[3]

i. تجارب بسيطة:

وهي التجارب التي يدرس فيها عامل واحد فقط حيث يجب ان يكون جميع العوامل ثابتة او متجانسة بقدر الامكان ماعدا العامل المراد دراسته.

ii. تجارب عاملية:

هذه التجارب تتضمن عاملين او اكثر وذلك باستخدام جميع التوافيق الممكنة بين عدة مستويات مختلفة للعوامل المراد دراستها ، وفي مثل هذه التجارب يكون الهدف من اجرائها هو دراسة تاثير كل من هذه العوامل بالاضافة الى تاثير التداخل بين هذه العوامل التي اختيرت في التجربة.

2-1-3 تصميم التجارب Design Experiments :[8]

وهي المرحلة الثانية من مراحل البحث الاحصائي وتصميم التجارب عبارة عن سلسلة من الخطوات التي تتبع بهدف جمع البيانات او المعلومات المطلوبة واعدادها في جدول مناسب لتحليلها احصائيا والوصول الى استنتاجات يمكن تعميمها والاستفادة منها ، ويمكن تلخيص التصميم في اربعة نقاط هي: [3]

1. تحديد عدد المشاهدات المطلوب الحصول عليها.
2. تحديد الأسلوب التجريبي.
3. تحديد طريقة تطبيق الاسلوب العشوائي.
4. تحديد النموزج الرياضي لوصف التجربة.

اختيار التصميم:[3]

يجب اختيار نوع التصميم الملأئم او المناسب لكل تجربة حيث تختلف التصاميم المستخدمة باختلاف التجربة و أهدافها ونوعها اي انه كلما كانت الوحدات التجريبية متجانسة كلما امكن استخدام التصميم العشوائي الكامل Completely Randomized Design بينما في حالة عدم تجانسها يضطرنا الى عزل الاختلافات مابين قطاع مابين قطاع واخر وهذا يؤدي الى استخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة Randomized complete Block Design وفي تجارب الانتاج الحيواني كثيرا مايستخدم المربع اللاتيني Latin Square Design اما في التجارب الزراعية تصميم القطع المنشقة Split Plot Designمرة واحدة او مرتين وهذا مايعرف بالتحكم الموقعي للتجربة Local Control وهذا يعني التحكم بالوحدات التجريبة اي التحكم باسلوب عشوائية توزيع المعاملات على هذه الوحدات التجريبة وهذا مايقودنا الى اختيار التصميم التجريبي المناسب ولهذا يتبين لنا ان الهدف الرئيسي من التحكم بالوحدات التجريبية هو اختيار التصميم التجريبي المناسب والاكثر كفاءة في تقليل الخطأ التجريبي بين المعاملات والذي سوف يؤدي بالنتيجة الى زيادة دقة الاختبارات والاستنتاجات وقيمة النتائج التي حصل عليها.

3-1-3 التحليلAnalysis:[11]

بعد القيام بالتجربة والتصمم تأتي المرحلة الاخيرة وهي التحليل ويقصد به طريقة جمع البيانات وترتيبها واختزالها ثم اجراء اختبارات احصائية معينة يستعان بها لاتخاذ قرارات

بخصوص الاهداف التي صممت التجربة لدراستها ، اي ان تحليل البيانات يتضمن حساب بعض الاختبارات الاحصائية مثل اختبار t واختبار F واتخاذ القرار المناسب بناءا على قيمة الاختبار.

ولقد لعبت الحاسبات الالية دورا هاما في تسهيل تحليل البيانات مع البرامج الاحصائية مثل SAS,SPSS,MINITABE ومن اهم النقاط في تحليل البيانات التأكد من أن يكون النموذج الخطي (Linear Model) المستخدم ملائما للبيانات وأن الافتراضات الاحصائية سليمة وذلك قبل الوصول الى القرارات او الاستنتاجات.

ومن الممكن تلخيص التحليل في ثلاثة نقاط هي: [3]

1. جمع البيانات وجدولتها واختزالها.
2. اجراء الاختبارات الاحصائية.
3. مناقشة النتائج وتفسيرها واتخاذ القرارات.

3-1-4 تحليل البيانات Analysis Variance :[12]

ويقصد بذلك الاجراء القيام ببعض العمليات الرياضية لتقسيم مجموع المربعات الكلي لمجموعه من البيانات على مصادر التباين المختلفة والمسؤولة عن وجوده وبعد انتهاء التحليل نلخص النتائج في جدول يسمى جدول تحليل التباين (Analysis of Variance Table) ويرمز له ANOVA .

3-1-5 المصطلحات الاساسية في تصميم التجارب:[13]

1. **الوحدة التجريبية Experimental Unite** : [3]

هي اصغر وحدة اساسية او اصغر جزء من مواد التجربة تطبق عليها المعالجة او توزع عليها وتستخدم في قياس المتغير تحت الدراسة ، او هي الوحدة من المادة التجريبية التي سيجرى عليها تطبيق معاملة واحدة.

2. **المعالجة Treatment :[5]**

وتسمى ايضا بالمعامل وهي تمثل مجموعة الظروف التجريبية المتغيرة التي توضع تحت سيطرة الباحث ، والتي يقوم الباحث بتوزيعها على الوحدات التجريبية او يوزع عليها الوحدات التجريبية حسب التصميم المختار وتقد تمثل المعالجات عدة مستويات مختلفة ولكن لعامل واحد كما في التجارب البسيطة التي تهتم بدراسة تاثير عامل واحد ، او تتكون المعالجات من عدة مستويات لاكثر من عامل بتوافيق مختلفة كما في التجارب العاملية .

3. **وحدة المعاينة Sampling Unite :[8]**

هي جزء من الوحدة التجريبية يؤخذ عليها قياس تأثير المعالجة وقد لاتكون وحدة المعاينة هي نفسها الوحدة التجريبية.

4. **العوامل Factors : [3]**

وهي عبارة عن متغيرات يهدف الباحث في قياس اثرها ويعرف ايضا على انا اصطلاح يستخدم لتصنيف المعاملات التجريبية وتتشابه مع المعاملات ولكن العوامل اوسع من حيث المعنى ويكون لكل عامل من هذه العوامل مستويات ويطلق عى التسميد تحت عدة مستويات بالعامل وليس المعاملة.

5. **المعاملات Treatments :[3]**

وهي عبارة عن مستويات مختلفة من متغير ماوهي عبارةعن المؤثرات المطلوب قياس تاثيرها على صفات معينة لمواد التجربة مع تثبيت جميع العوامل.

6. الكنترول أ الشاهد Control: [3]

احدى معاملات التجربة التي تدخل التجربة لتكون النتائج مبنية على اساس مقارن.

7. الخطأ التجريبي Experimental Error: [5]

هو قياس للاختلافات الطبيعية التي توجد عادة بين مشاهدات سُجلت من وحدات تجريبية عولجت بنفس المعاملة ،وهنالك عدة مصادر لمثل هذه الاختلافات تنشأ عن العوامل التي لا يمكن للباحث التحكم فيها ، وعموماً يمكن تجميع مصادر الخطأ في ثلاثة مصادر وهي:

1. الاختلافات الذاتية:

هي التي توجد عادة بين الوحدات التجريبية ويمكن ارجاعها الى الاختلافات الوراثية او الى التداخل بين التراكيب الوراثية والظروف البيئية التي يصعب السيطة عليها، ومن الملاحظ في التجاربالميدانية بصفة عامة صعوبة الحصول على وحدات تجريبة متجانسة تماما مهما بذل الباحث من جهد في الحصول على حيوانات او نباتا متجانسة ليجري عليها التجربة.

2. الاختلافات في تطبيق المعالجة:

حيث تحدث بعض الاخطاء عند تكرار اوتطبيق المعلجات على عدد من الوحدات التجريبية، ومرجعه إما العجز او الفشل في إعادة تكرار نفس الظروف للمعالجات تماماً ، أو لعدم الدقة ولإختلاف القائمين بتطبيق المعالجات.

3. الأخطاء الفنية الأخرى:

والتي تحدث في التجربة وفي طرق قياس الصفات تحت الدراسة وتسجيل المشاهدات.

التحكم في الخطأ التجريبي: [5]

يمكن التحكم في الخطأ التجريبي المقدر والسيطرة عليه عن طريق:

- استخدام تصميم أكثر كفاءة تبعاً لمدى التجانس بين الوحدات التجريبية.
- استخدام البيانات المتلازمة (تحليل التباين المشترك).
- اختيار حجم وشكل الوحدة التجريبية المناسب مع عدد من المكررات.

- تحسين الطرق الفنية المستخدمة في التجربة مع الاهتمام بدقة القياسات وتسجيل البيانات.

6-1-3 الشروط الاساسيه لنجاح التجربه : [4]

1- **التوزيع العشوائي للمعاملات Randomization of Treatments**:

يقصد به توزيع المعاملات علي الوحدات التجريبيه بشكل عشوائي غير متحيز الي معامله معينه او وحده تجريبيه معينه ودون السماح بأي تدخل شخصي بمعني ان تكون فرص توزيع المعاملات علي الوحدات التجريبيه اوالوحدات التجريبيه علي المعاملات متساويه ، أي ان يكون لكل وحده تجريبيه نفس الفرصه في الحصول علي أي معامله كأي وحده تجريبيه أخري . وبذلك نكون قد عملنا علي تقليل الخطأ التجريبي المتعمد او اعتباره قد حصل غير مقصود ونحصل علي تقدير صحيح للخطأ التجريبي جراء إعطاء فرصه لكل وحده تجريبيه ان تحصل علي أي معامله من المعاملات بدون تحيز او توزيع مقصود ومن فوائد التوزيع العشوائي :

أ- تجنب التحيز في النتايج واستبعاد الأخطاء المنتظمه وغير العفويه .

ب- الحصول علي تقدير صحيح للخطأ وبالتالي تكون التجربه أكثر دقه وكفاءه .

ت- ضمان توزيع الاخطاء توزيعاً طبيعي وبالتالي صحه الاختبارات الاحصائيه .

هنالك طريقتان للتوزيع العشوائي ، ان كان للمعاملات علي الوحدات التجريبيه ام الوحدات التجريبيه علي المعاملات وهما :

i. إستعمال قصاصات ورقيه ترقم من 1 الي عدد الوحدات التجريبيه المستخدمه والتي عددها يساوي عدد المعاملات (t) مضروباً في عدد المكررات (r) لكل معامله عدد $(r \times t)$ وتوضع في كيس ، وتخلط ثم تسحب الارقام بشكل عشوائي مع الخلط المستمر بعد كل عمليه سحب ، وتكتب الارقام المسحوبه حسب تسلسل ظهورها بعمليه السحب ، علي فرض انها تمثل ارقام الوحدات التجريبيه ثم توزيع عليها المعاملات بمكرراتها بشكل متسلسل من المعامله الاولي الي اخر معامله .

ii. استعمال جداول الارقام العشوائيه المتكونه من 100 صف و100 عمود . حيث يمكن اختيار الاعمده والصفوف بشكل غير متحيز ولا علي التعيين ونأخذ عدد من الارقام الموجوده بالجدول اما افقياً او عمودياً ويجب ان نثبت كيفية الاستعمال قبل البدء بإستعمال تلك الجداول حتي لايصار الي التحيز الي ارقام معينه او طريقه معينه . وبعد إستخراج الارقام العشوائيه تسلسل تصاعدياً او تنازلياً وتعطي تسلسل بالأرقام (1) الي عدد الوحدات التجريبيه وهو عدد $(r \times t)$.

2- **تكرار المعاملات : Replication of Treatments**

ان توزيع المعاملات على الوحدات التجريبية بشكل عشوائي لوحده لايكفي للحصول علي نتائج دقيقه من التجربه . ففي كل تجربه توجد عوامل غير متحكم بها يمكن ان تتداخل مع المعاملات تحت الدراسه وهذا وهذا مايطلق عليه الخطأ التجريبي (Experimental Error) ولغرض تقدير قيمة هذا الخطأ تقديراً اقرب الي الصحه يجب ان نكرر توزيع المعاملات تحت الدراسه علي اكثر من وحده تجريبيه واحده . لأن تمثيل كل معامله بوحده تجريبيه واحده لايظهر تأثير المعاملات ، إضافه الي الاحتمال الكبير بوجوده فروق معينة مابين وحده تجريبيه واخري . في حين ان استخدام اكثر من وحده تجريبيه واحده لكل معامله يسهل تقدير قيمة الخطأ التجريبي ، ومن ثم فصله عن تأثير المعاملات . وعلي هذا الاساس فإن زيادة عدد المكررات سوف تؤدي الي تقليل قيمة الخطأ التجريبي والذي ينتج عنه زياده في دقة التجربة وتحسن كفاءتها . ن استخدام اكثر من مكرر واحد يعطي ثقه اكبر في التوسع في تعميم التجربه . ومن جملة استخدام المكررات هد اعادة اجراء التجربة لأكثر من موسم واحد او اكثر من موقع لأن المواسم والمواقع المتعدده تعتبر نوعاً من المكررات ومن فوئد التكرار :

1. كثرة التكرار في التجربة (مكررين او اكثر) يزيد من دقة التجربه بسبب تقليل قيمة الخطأ التجريبي بإعتبار ان الفروق بين المكررات تقلل من تباين الخطأ
2. تقدير الخطأ التجريبي باستخدام المكررات يكون اسهل وأدق
3. في حالة فقدان نتائج إحدي الوحدات التجريبيه يمكن تحليلها إحصائياً بينما لو كان للمعامله وحده تجريبيه واحده وفقدت ، معناه استحال التحليل
4. عند تكرار التجربه في اكثر من موقع وتعاد لأكثر من سنة تكون النتائج اكثر دقة ، ويمكن تطبيقها وإعطاء توصيات بالنتائج بشكل أضمن وأصح .

وعموماً لايمكن تقدير الخطأ التجريبي إلا بإستخدام المكررات أي مكررين علي الاقل او اكثر وذلك لعمل اختبار المعنويه.

7-1-3 متطلبات التجربة الجيدة Requirements for a good Experiment:[5]

لكي يمكن اجراء تجربة جيدة يعتمد على نتائجها بقدر كبير من الثقة لابد من توفر عدة شروط او متطلبات وهنالك خمس متطلبات اساسية وهي:

1. غياب الخطأ المنتظم:Absence of Systematic Error

من المهم في اي تجربة ان يتم تقدير تأثير المعالجات والفروق بينها تقديراً صحيحاً ، وكذلك الأخطاء الشخصية والطبيعية والذاتية التي توجد بين الوحدات التجريبية والتي من الممكن التغلب

عليها عن طريق الأسلوب العشوائي وبذلك يتحقق غياب المصادر الرئيسية للخطأ المنتظم ، ونعني بالخطاء المنتظم عدم استقلالية سلوك الوحدات التجريبية في الاستجابة لتاثير المعالجات.

2. الدقة Precision:

ان دقة تقدير اي من تاثيرات التجربة تشير على مدى إمكانية تكرار الحصول على نفس القياسات او القيم المقدرة لهذه التاثيرات وبالتالي الى مدى الثقة في هذا التقدير وإذا ما امكن فعلاً غياب الخطأ المنتظم في تجربة ما فإننا نتوقع أن تقدير تأثير معالجة ما لن يختلف عن القيمة الحقيقية إلا كنتيجة للأخطاء العشوائية فقط وهي الاخطاء التي تحدث طبيعياً وهي عادة تقاس بما يسمى بالخطأ القياسي ، ونجد أن دقة أي تجربة تعتمد على الآتي:

1. الاختلافات الذاتية بين مواد التجربة ومدى دقة الطرق والوسائل التجريبة.
2. عدد الوحدات التجريبية.
3. التصميم المستخدم في التجربة.

3. اتساع مدى صلاحية التجربةRang of Validity Wide:

المقصود باتساع مدى صلاحية النتائج أنه كلما تميزت التجربة في دراسة التأثيرات والمعالجات والوحدات التجريبية فإن هذه النتائج سوف تزيد من الثقة بالتجربة وإمكانية تعميم هذه النتائج على تجارب أخرى دون القيام بها.

4. البساطة Simplicity :

يجب أن تتميز التجربة بالبساطة في التصميم والتحليل ويؤدي ذلك إلى تقليل الأخطاء.

5. تقدير الخطأ القياسي Estimating The Standard Error :

إن تقدير الخطأ القياسي من الأهداف الأساسية للقيام بالتجربة ولذلك يجب أن يكون لدينا مجموعة معقولة من الوحدات التجريبة ، أما في حالة التجارب التي تحتوي على وحدات تجريبية صغيرة فلن يكون بالامكان تقدير الخطأ القياسي تقديراً معقولاً ، وفي هذه الحالة لابد من الرجوع لنتائج التجارب لتقدير الخطأ القياسي.

3-1-8 أساسيات تصميم التجارب :[8]

يشترط في التصميمات الحديثة أن تعطي تقديراً للخطأ التجريبي مع إمكانية تقليله ، وأن يكون بالإمكان القيام بالإختبارات والتقديرات المطلوبة في البحث ووضعت أساسيات تصميم التجارب لتوفر تلك المطالب وهي:

1. **التكرار Replication :**
2. للخروج بقيمة تقديرية للخطأ التجريبي فلابد من تكرار المعالجة عدداً من المرات في التجربة وذلك حسب الامكانيات المتاحة ودرجة الدقة المطلوبة.
3. **التعشية Randomization :**

تعتبر التعشية من القواعد الرئيسية والحديثة في تصميم التجارب ويرجع ذلك إلى أن العديد من الإختبارات الإحصائية المستخدمة في تحليل التجارب يرتكز على عدة فروض والتي يقع توفيرها بواسطة التعشية حتى أن البعض وصفوها بعملية التأمين ضد التحيز بحيث تمنح كل وحدة تجريبية نفس الفرصة لاستلام اية معالجة في التجربة وازالة التحيز بحيث لاتخير معالجة على أخرى مع الحصول على تقدير غير متحيز للخطأ التجريبي وضمان استقلالية المشاهدات وذلك لضمان صلاحية الاختبارات المستعملة في التحاليل.

4. التحكم في الوحدات التجريبية Local Control :

يعتبر التحكم في الوحدات التجريبة من الأسس الرئيسية للتصميم الناجح وتتلخص هذه الطريقة في تقسيم الوحدات التجريبية الى مجموعات متجانسة Homogeneous تسمى قطاعات Blocks ويتم توزيع المعالجات داخلها عشوائياً وينتج عن هذه الوسيلة فصل تباين القطاعات من الخطأ التجريبي وبذلك يقع تقليل الخطأ التجريبي وتلخص أغراض التحكم في الوحدات التجريبية في النقاط التالية :

1. تحسين دقة التجربة عن طريق فصل تباين القطاعات من الخطأ التجريبي.
2. توسيع مدى تطبيق نتائج التجربة عندما توجد القطاعات في أمكنة مختلفة أو في أزمنة مختلفة.

3-1-9 الخطوات التي تتبع في التجارب العلمية: (3)

Steps Which Fallowed for Scientific Experiment

يمكن تلخيص الأسلوب العلمي الذي يتبع عادة في التجارب والبحوث في الخطوات الآتية :

1. تحديد المشكلة المراد دراستها تحديداً واضحاً.
2. وضع الفرضيات التي تساعد على تحقيق الأهداف.
3. تحديد العامل او العوامل ومستوياتها التي تستخدم في التجربة.
4. تحديد الصفة المدروسة او الصفات التي سيتم دراستها وكيفية قياسها.
5. تعيين الوحدات التجريبية التي ستطبق عليها المعالجات.
6. أختيار التصميم التجريبي الملائم.
7. جمع البيانات.
8. تحليل البيانات احصائياً.
9. مناقشة النتائج وتفسيرها.
10. اعداد تقرير علمي للتجربة وما أدت اليه من نتائج.

2-3 تصميم القطع المنشقة Split Plot Design

0-2-3 تمهيد :[3]

يدعى هذا التصميم ايضا في بعض الاحيان بتصميم الالواح المنشقةوكثيرا ماتستخدم تصاميم القطع المنشقة للتجارب العاملية، وفي هذه التصاميم يكون الاهتمام بعاملين على الاقل غير أننا في هذه الحالة لانود ان نحصل بالنسبة لإحداهما على نفس دقة المعلومات التي نريدها للاخر اي ان احدهما اكثر اهمية من العامل الاخر ، وأن الاساس العام لهذه التصاميم هو ان القطع الكاملة whole plots او القطع الرئيسية Main Plots او الوحدات الكاملة whole units التي تطبق عليها مستويات واحد او اكثر من العوامل تجزأ الى أقسام (قطع ثانوية) Sub plots او وحدات ثانوية sub units لتطبق بداخلها مستويات عامل اخر او عوامل اخرى وعلى ذلك فان كل قطعة أو وحدة كاملة تصبح قطعا لمعاملات الوحدات او القطع الثانوية ، ولكن فقط كقطاع غير كامل طالما اخذنا في الاعتبار المجموعة الكاملة من المعاملات ولهذا السبب فان تصاميم القطع المنشقة قد تسمى تصاميم القطاعات غير الكاملةونلاحظ ان المعاملات الاقل أهمية توزع على الوحدات الكاملة اما المعاملات الاكثر اهمية فتوزع على الوحدات الثانوية.

ويتم توزيع القطع الثانوية ضمن كل قطعة رئيسية باستخدام احد التصاميم المعروفة مثل التصميم العشوائي الكامل (C.R.D) او تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (R.C.B.D) أو تصميم المربع اللاتيني (L.S) كما يشمل التحليل الاحصائي لهذا التصميم على نوعين من الخطأ يسمى الخطأ الاول $Error_A$ والثاني $Error_B$حيث يستخدم الاول لاختبار معنوية معاملات القطع الرئيسية ، وتكون قيمته عادة أعلى من الخطأ الثاني وذلك لاحتوائه على تباين القطع الرئيسية وتباين القطع الثانوية الموجودة بين القطع الرئيسية ، ولأن القطع الثانوية تكون أكثر تجانسا ، وبالتالي فأن تباينها يكون أقل ، أما الخطأ الثاني (b) فيستخدم لاختبار المعاملات الثانوية والتداخل مابين المعاملات الرئيسية والثانوية.

إن اصل استخدام هذا التصميم هو في التجارب الزراعية وهذا واضح من إسمه فكلمة Plot تعني قطعة أرض مما يدل عل أن مصدر هذه التصميمات هو التجارب الزراعية ويدخل هذا التصميم في التجارب الهندسية تحت اسم التصميمات المتشعبة Nested Design .

1-2-3 استخدامات تصميم القطع المنشقةApplications of split – plot Design [3]

1. يستخدم في الحالات التي تحتاج فيها بعض العوامل الى دقة أكثر من العوامل ا"لأخرى وتوزع العوامل التي تحتاج الى معلومات أدق (العوامل الثانوية) على القطع الثانوية Sub plots لأنها أكثر تجانسا من القطع الرئيسية بينما توزع المعاملات الأقل أهمية على القطع الرئيسة Main plots والتي تكون اكبر حجما من الاولى.
2. العوامل التي تحتاج الى كمياتأقل من المواد التجريبية أو حجم أقل من القطع التجريبية أو التي تكون لها أهمية أكبر أو التي يتوقع أن تكون الاختلافات بين مستوياتها أصغر أو تلك التي يراد عنها لأي سبب من الأسباب درجة أعلى من الدقة ، فإن مثل هذه العوامل هي التي يخصص لها القطع الثانوية، اي ان في القطع المنشقة من المتوقع ان تكون الاختلافات بين القطع الثانوية اقل منها بين القطع الكاملة.

3-2-2 مميزات تصاميم القطع المنشقة advantages of Split plot Designs:[4]

1. زيادة كفاءة هذا التصميم بسبب المعاملات الثانوية والتداخل بين المعاملات مقارنة بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة (R.C.B.D).
2. تطبيقه لبعض المعاملات أسهل من تصميم (R.C.B.D).

3-2-3 عيوب تصاميم القطع المنشقة Disadvantages of Split plot Designs:[4]

1. المعاملات التي تطبق على القطع الكاملة تقاس بدرجة دقة اقل.
2. تزداد درجة تعقيد تحليل البيانات وخاصة عند فقد قيم بعض المشاهدات اي صعوبة تقدير المشاهدات المفقودة.
3. تعتبر القطع الرئيسية التي توزع عليها المعاملة الأقل أهمية بمثابة قطع للمعاملة الثانية الأكثر أهمية ، لإحتوائها على كافةمستويات العامل الثاني في كل مستوى من مستويات العامل الاول ، ولهذا فان القطع الرئيسية تعتبر قطاعا غير كاملا او ناقصا بالنسبة لكافة المعاملات ، ولهذا السبب يعتبر هذا التصميم من التصاميم التي تتبع القطاعات غير الكاملة.

3-2-4 فرضيات تصميم القطع المنشقة:

يقوم باختبار معنوية مستويات العوامل المختلفة والتداخل بينها.

3-3 تصميم القطع المنشقة– المنشقة Split –Split plot Design:

3-3-0 تمهيد[3]

يسمى هذا التصميم ايضا بتصميم القطع المنشقة ثنائيا وكلا الأسمين يدلان على انه تصميم متطور ومستمر لتصميم القطع المنشقة.

عندما يكون إهتمام الباحث بالنسبة لجميع العوامل تحت الدراسة متساوي في الأهمية فان الباحث في هذه الحالة يستخدم التجربة العاملية في أحد التصميمات البسيطة مثل التصميم العشوائي الكامل C.R.D او تصميم القطاعات العشوائية الكاملة R.C.B.D او تصمم المربع اللاتيني L.S، أما إذا كان اهتمام الباحث يختلف بالنسبة للعوامل تحت الدراسة بمعنى ان الباحث يريد ان يتحصل على معلومات أكثر دقة من أحد العوامل ، والعامل الثاني بدرجة دقة أقل من العامل الاول ، والعامل الثالث بدرجة من الدقة اقل من العاملين الاول والثاني بمعنى انه يوجد درجات من المفاضلة بين العوامل المدروسة بالنسبة للباحث من حيث اهمية كل عامل من العوامل تحت الدراسة كذلك في الحالات التي يتطلب الامر فيها ان تكون مساحات القطع التجريبية كبيرة لتطبيق أحد العوامل وهذا التصميم ماهو الا توسيع لتصميم القطع المنشقة باضافة عامل ثالث في التجربة حيث يتم توزيع العامل الثالث عشوائيا على القطع الثانوية وبعد تقسيم كل قطعة ثانوية الى قطعاصغر منها تسمى بالقطع تحت الثانوية Sub-Sub Plots ولهذا يسمى هذا التصميم بتصميم القطع المنشقة – المنشقة .

3-3-1 مميزات تصميم القطع المنشقة - المنشقة[3]

1. الوحدات التجريبية في هذا التصميم مكونة من ثلاثة أحجام الحجم الأول والكبير منها يسمى بالقطع الرئيسية Main Plot ويطبق عليها العامل الاول ، والوحدات التجريبية المتوسطة الحجم تسمى بالقطع المنشقة Sub Plot تطبق عليها العامل الثاني (عامل القطع المنشقة) ، أما الحجم الثالث وهو أصغر الوحدات التجيريبية يسمى Sub Sub Plot اي القطع المنشقة مرتين ويطبق عليها العامل الثالث.
2. يمكن تطبيق التصميم العشوائي الكامل أو تصميم القطاعات العشوائية الكاملةو تصميم المربع اللاتيني على القطع المنشقة المنشقة تبعا لظروف التجربة والتي تعتمد على طبيعة الوحدات التجريبية التي ستطبق عليها المعاملات من حيث تجانسها من عدمه.
3. يوجد ثلاثة مستويات من الدقة التجريبية عند استخدام تصميم القطع المننشقة مرتين ، حيث أن العامل الاول والذي يتم تطبيقه في القطع الرئيسية نتحصل منه على معلومات بدرجة من الدقة اقل من العامل الذي يتم تطبيقه في القطع المنشقة او تحت المنشقة.

3-3-2 عيوب تصميم القطعة المنشقة – المنشقة:[4]

1. يحتاج هذا التصميم الى مساحات كبيرة في التجارب النباتية التي تطبق هذا التصميم أكثر من اي فرع اخر من فروع الزراعة وغالبا ماتكون القطع الرئيسية واحيانا القطع الثانوية مفتقرة الى التجانس مما يقلل من دقة التجربة وتزيد من نسبة الاخطاء فيها.
2. التحليل الاحصائي أكثر تعقيدا من التصاميم الأخرى بسبب وجود ثلاثة انواع من الاخطاء كل واحد من لغرض اختبار معنوية عامل واحد مع نداخلاته المختلفة.

3-3-3 التوزيع العشوائي ومخطط التجربة Randomization and Layout[3]

نفرض ان هناك تجربة عاملية 2*3*4 اي ان العامل الاول A باربع مستويات ($V_0, V_1, V_2,$ V_3) والعامل B بثلاث مستويات (P_0, P_1, P_2) والعامل C بمستويان (N_0, N_1) والخطوات التالية توضح كيفية عمل مخطط للتوزيع العشوائي للمعاملات على التجربة في مكرر واحد مدعوما بالاشكال التوضيحية في كل خطوة:

1. تقسم مساحة التجربة الى عدد من الاقسام وفقا لعدد مكررات التجربة ، ويقسم كل مكرر الى عدد من الاقسام وفقا لعدد مسستويات العامل الاول عشوائيا على كل القطع الرئيسية Main Plots داخل كل مكرر على حدة.

توزيع العامل الاول على القطع الرئيسية

V_2	V_3	V_0	V_1

المصدر: تصميم وتحليل التجارب الزراعية

2. تقسم كل قطعة رئيسية Main plot الى عدد من الاقسام وفقا لعدد مستويات العامل الثاني الذي سوف يوزع على القطع المنشقة Sub Plot وتوزع مستوياته داخل كل قطعة رئيسية كما هو معروض في الشكل التالي:

توزيع العامل الثاني على القطع المنشقة:

P_2	P_1	P_0	P_2
P_0	P_2	P_1	P_0
P_1	P_0	P_2	P_1

المصدر: تصميم وتحليل التجارب الزراعية

تقسم كل قطعة تجريبية منشقه Sub Plot الى عدد من الاقسام بعدد مستويات العامل الثالث ، وتوزيع مستويات هذا العامل عشوائيا داخل كل قطعة منشقة كما هو معروض في الشكل التالي:

N_0	N_1	N_1	N_0	N_1	N_0	N_0	N_1
N_1	N_0	N_0	N_1	N_0	N_1	N_1	N_0
N_0	N_1	N_1	N_0	N_1	N_0	N_1	N_0

المصدر: تصميم وتحليل التجارب الزراعية

وبناء على ما سبق يكون شكل المكرر الاول ، كما هو معروض في الشكل التالي:

$V_2P_2N_0$	$V_2P_2N_1$	$V_3P_1N_1$	$V_3P_1N_0$	$V_0P_0N_1$	$V_0P_0N_0$	V_1P_2 N_0	V_1 P_2 N_1
$V_2P_0N_1$	$V_2P_0N_0$	$V_3P_2N_0$	$V_3P_2N_1$	$V_0P_1N_0$	$V_0P_1N_1$	V_1 P_0N_1	$V_1P_0N_0$
$V_2P_1N_0$	$V_2P_1N_1$	$V_3P_0N_1$	$V_3P_0N_0$	$V_0P_2N_1$	$V_0P_2N_0$	V_1 P_1N_1	$V_1P_1N_0$

المصدر: تصميم وتحليل التجارب الزراعية

4-3-3 النموزج الرياضي Linear Model[4]

ان النموزج الرياضي لتجربة منفذة بتصميم القطع المنشقة – المنشقة هي كما في المعادلة :

$$y_{ijkl} = \mu + \rho_k + \alpha_i + \ell_{ik} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \zeta_{ijk} + \delta_L + (\alpha\delta)_{iL} + (\beta\delta)_{iL} + (\alpha\beta\delta)_{ijL} + \varepsilon_{ijkl} \qquad (1-3)$$

حيث ان :

y_{ijkl} : قيمة المشاهده الخاصه بالوحده التجريبيه الموجوده في القطاع k والتي أخذت المستوي i من العامل A والمستوي j من العامل B والمستوي l من العامل C .

μ : المستوي العام للتجربه أي متوسط المجتمع

α_i : هي قيمة تأثير المستوي i من العامل A

β_j : هي قيمة تأثير المستوي j من العامل B

δ_L : هي قيمة تأثير المستوي L من العامل C

ρ_k : هي قيمة تأثير القطاع K

ℓ_{ik} : هو تأثير الخطاء التجريبي للقطع الرئيسيه

ζ_{ijk} : هو تأثير الخطاء التجريبي للقطع الثانويه

ε_{ijkl} : هو تأثير الخطاء التجريبي للقطع الثانويه – الثانويه

$(\alpha\beta)_{ij}$: هي قيمة التداخل أو التأثير المشترك للمستوي i من العامل A والمستوي j من العامل B .

$(\alpha\delta)_{iL}$: هي قيمة التداخل أو التأثير المشترك للمستوي i من العامل A والمستوي L من العامل C .

$(\alpha\beta\delta)_{ijL}$: هي قيمة التداخل أو التأثير المشترك للمستوي j من العامل B والمستوي L من العاملC .

جدول(3-1) : تحليل التباين لتصميم القطع المنشقة – المنشقة

S.O.V	Df	MS	F
Blocks(R)	$(r-1)$	MSR	$\frac{MSR}{MSEa}$
A	$(a-1)$	MSA	$\frac{MSA}{MSEa}$
Error(a).RA	$(r-1)(a-1)$	MS_{Ea}	
B	$(b-1)$	MSB	$\frac{MSB}{MSEb}$
AB	$(a-1)(b-1)$	$MSAB$	$\frac{MSAB}{MSEb}$

Error(b).RB+RAB	$a(r-1)(b-1)$	MS_{EB}	
C	$(c-1)$	MSC	$\frac{MSC}{MSEc}$
AC	$(a-1)(c-1)$	$MSAC$	$MSAC$
BC	$(b-1)(c-1)$	$MSBC$	$MSBC$
ABC	$(a-1)(b-1)(c-1)$	$MSBC$	$MSBC$
Error(c).RC	$ab(r-1)(c-1)$	$MSEC$	
Total	$(rabc-1)$		

المصدر: تصميم وتحليل التجارب الزراعية.

يستخدم جدول تحليل التباين للتوصل لقيمة اختبار F الذي يعكس الاختلافات الموجودة بين مجموعة المعاملات.

الاشتقاق الرياضي [3] :

$$n = r \times a \times b \times c$$

يتم ايجاد قيمة معامل التصحيح وفقا للمعادلة:

$$C.F = \frac{Y_{...}^2}{n}$$

ويتم حساب قيم مجاميع المربعات وفقاً للمعادلات التالية:

مجاميع المربعات للقطاعات:

$$SS_R = \sum Y_{i..}^2/abc - CF \quad (2\text{-}3)$$

مجاميع المربعات للعامل A-

$$SS_A = \sum Y_{i..}^2/rbc - CF \quad (3\text{-}3)$$

مجاميع المربعات للخطأ التجريبي للعامل A

$$SS_{Ea} = \sum Y_{i..}^2/bc - (SSR + SSA) - CF \quad (4\text{-}3)$$

مجاميع المربعات للعامل B

$$SS_B = \sum Y_{.j.}^2/rac - CF \quad (5\text{-}3)$$

مجاميع المربعات للخطأ التجريبي للعامل B

$$SS_B = \sum Y_{.j.}^2/rac - CF \quad (6\text{-}3)$$

مجاميع المربعات للتداخل بين العامل A والعامل B

$$SS_{AB} = \sum \ Y_{ij.}^2/rc - CF - [SSA + SSB] \quad (7\text{-}3)$$

مجاميع المربعات للخطأ

$$SS_{EB} = \sum_k Y_{ij.}^2/C - CF - [SS_R + SS_A + SS_B + SS_C + SS_{AB} \quad (8\text{-}3)$$

مجاميع المربعات للعامل C

$$SS_C = \sum_j Y_{..k}^2/rab - CF \quad (9\text{-}3)$$

مجاميع المربعات للتداخل بين العامل A والعامل C

$$SS_{AC} = \sum_k Y_{i.K}^2/rb - CF - [SS_A + SS_C] \quad (10\text{-}3)$$

مجاميع المربعات للتداخل بين العامل B والعامل C

$$SS_{BC} = \sum_k Y_{.jK}^2/ra - CF - [SS_B + SS_C] \quad (11\text{-}3)$$

مجاميع المربعات للتداخل بين العوامل A,B,C

$$SS_{ABC} = \sum_k Y_{ijK}^2/r - CF - [SS_A + SS_B + SS_C + SS_{AB} + SS_{AC} + SS_{BC}] \quad (12\text{-}3)$$

مجاميع المربعات للخطأ التجريبي للعامل C

$$SS_{EC} = SS_{Total} - [SS_A + SS_B + SS_C + SS_{AB} + SS_{AC} + SS_{BC} + SS_{ABC}] \quad (13\text{-}3)$$

المجموع الكلي للمربعات

$$SST = \sum_k Y_{ijK}^2 - CF \quad (14\text{-}3)$$

ويتم ايجاد متوسطات المجاميع للمربعات حسب المعادلات التالية:

متوسط مجاميع المربعات للقطاعات:

$$MSR = SS_R/(r-1) \quad (15\text{-}3)$$

متوسط مجاميع المربعات للعامل A

$$MSA = SS_A/(a-1) \quad (16\text{-}3)$$

متوسط مجاميع المربعات للخطأ التجريبي للعامل A

$$MS_{Ea} = SS_{Ea}/(r-1)(a-1) \quad (17\text{-}3)$$

متوسط مجاميع المربعات للعامل B

$$MSB = SS_B/(b-1) \quad (18\text{-}3)$$

متوسط مجاميع المربعات للخطأ التجريبي للعامل B

$$MS_{EB} = SS_{EB} / a(r-1)(b-1) \qquad (19\text{-}3)$$

متوسط مجاميع المربعات للتداخل بين العامل A والعامل B

$$MS_{AB} = SS_{AB}/(a-1)(b-1) \qquad (20\text{-}3)$$

متوسط مجاميع المربعات للخطأ التجريبي للتداخل بين العامل A والعامل B

$$MS_{EB} = SS_{EB} / a(r-1)(b-1) \qquad (21\text{-}3)$$

متوسط مجاميع المربعات للعامل C

$$MS_{C} = SS_{C}/(c-1) \qquad (22\text{-}3)$$

متوسط مجاميع المربعات للتداخل بين العامل A والعامل C

$$MS_{AC} = SS_{AC}/(a-1)(C-1) \qquad (23\text{-}3)$$

متوسط مجاميع المربعات للتداخل بين العامل B والعامل C

$$MS_{BC} = SS_{BC}/(b-1)(C-1) \qquad (24\text{-}3)$$

متوسط مجاميع المربعات للتداخل بين العوامل A,B,C

$$MS_{ABC} = SSBC/(a-1)(b-1)(c-1) \qquad (25\text{-}3)$$

متوسط مجاميع المربعات للخطأ التجريبي للعامل C

$$MS_{Ec} = SSEC/ab(r-1)(C-1) \qquad (26\text{-}3)$$

5-3-3 الاختبارات المحددة بعد إجراء التجربة Test Suggested after Experiment:

ان إجراء اختبار Fفي جدول تحليل التباين يعكس اختباراً عاماً للاختلافات الموجودة بين مجموعة من المعاملات ، فإذا ثبت عدم معنوية قيمة F المحسوبة لاختبار تباين المعاملات فان المقارنات المستقلة التي حددت قبل إجراء التجربة فقط هي التي يجب إجراءها عادة ، أما إذا وجد اختبار F معنوياً فإننا نستطيع أن نقرر بأن متوسطات المعاملات تختلف فيما بينها اختلافاً معنوياً لذلك فاننا نستخدم احد الاختبارات الآتية:

1-5-3-3 إختبار Dunnett:[8]

يكون الهدف الأساسي في بعض التجارب هو مقارنة مجموعة من المعالجات مع معالجة المراقبة (Placebo Control) عوضاً عن مقارنة كل المتوسطات مع بعضهما البعض مثلما في

المقارنات المتعددة وفي هذه التجارب يريد الباحث القيام بمقارنة كل متوسط μ_1 , $i =$ $1, \dots \dots, t-1$ مع متوسط معالجة المراقبة $\mu_\circ$ وبالتالي ستكون هناك $t-1$ مقارنة ، أي يريد أن يختبر الفرضية ضد البديلة :

$$H_\circ : \mu_i = \mu_\circ$$

$$H_a : \mu_i \neq \mu_\circ i = 1, \dots \dots, t-1$$

والطريقة الملائمة لهذه المقارنات هي طريقة Dunnett (1964) وهي تعديلاً لاختبار t لمقارنة متوسطي مجتمعين ، فبالنسبة لكل فرضية نحسب الفرق بين $\overline{Y}_i$ و $\overline{Y}_\circ$ ونرفض $H_\circ$ إذا

$$|\overline{Y}_1 - \overline{Y}_\circ| > D$$

$$D = d_{\alpha(t-1,v)} S_{\overline{Y}_1 - \overline{Y}_\circ} \qquad (27\text{-}3)$$

حيث

$$i = 1, \dots \dots, t-1$$

وتمثل $d_{\alpha(t-1,v)}$ القيمة الجدولية لاختبار Dunnett عند مستوى المعنوية $\propto$ و v درجة حرية الخطأ التجريبي.

و $S_{\overline{Y}_1 - \overline{Y}_\circ}$ الخطأ المعياري للفرق بين متوسطين وتختلف حسب التصميمات وعدد التكرارات r_i و r_c .

وقيم Dunnett موجودة في جدول ومقسمة إلى جزءين : الجزء الأول يستخدم لأختبار ذي الاتجاهين والجزء الثاني لاختبار ذي اتجاه واحد ، أي

$$H_\circ : \mu_i = \mu_\circ$$

$$H_a : \mu_i > \mu_\circ$$

وبإمكان الباحث استخدام اختبار Dunnett بدون معنوية اختبار F في جدول تحليل التباين ، وذلك لأن المقارنات التي يختبرها تكون دائماً محددة قبل تنفيذ التجربة وليست مقترحة من البيانات وعند استخدام هذا الاختبار فأنه يجب مراعاة مايلي :

I. أن يكون $r_0/r_i \cong \sqrt{t-1}$ ، أي إذا كان هناك 16 معالجة نريد مقارنتها مع Control يفضل أن تكون $r_0 \cong 4r_i$ ، وأوصى Dunnett بهذا ليكون التصميم مثالياً.

II. التأكد من أن $\sigma \frac{2}{Y_0} = \sigma \frac{2}{Y_1}$

وتم وضع الجداول على أساس تساوي عدد التكرارات وتساوي التباينات وعند وجود مخالفات لذلك فتتطلب قيم $d_{\alpha(t-1,v)}$ الجدولية تعديلاً معيناً .

ويتيح اختبار Dunnett للباحث وضع فترات الثقة للفروق $\mu_0 - \mu_i$

$$\bar{Y}_0 - \bar{Y}_i \pm d_{\alpha(t-1,v)} S_{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_0}$$

حيث $d_{\alpha(t-1,v)}$ هي القيمة الجدولية ذات الأتجاهين لاختبار Dunnett .

2-5-3-3 المقارنات المتعددة بين المتوسطات Multiple Comparison[4]

هنالك العديد من الاختبارات التي تجرى لمقارنة متوسطات المعالجات ببعضها للحكم على معنوية الفروق بين متوسط أية معاملة ومتوسط أية معاملة أخرى ،فإن عدد الفروق الممكنة بين جميع أزواج المعالجات والتي يجري اختبارها أي عدد المقارنات الممكنة بين جميع المتوسطات يكون وتختلف هذه الاختبارات فيما بينها في طريقة إجرائها كما تختلف هذه الطرق كذلك في مدى دقتها وحقيقة مستوى معنوياتها عند تطبيقها وغير ذلك من المميزات وأوجه القصور في كل منها ، فيما يلي أهم هذه الاختبارات من حيث إجرائها:

1. طريقة اقل فرق معنوي محفوظ Protected Least Significant[8]

تعتبر هذه الطريقة أفضل طريقة للمقارنات المتعددة لسهولة إجرائها ثم لدقتها في الوصول الى النتائج الصحيحة ، وهي امتداد لاختبار t لمقارنة متوسطي عينتين مستقلتين وسمي هذا الاختبار بالمحفوظ لأن العالم Fisher لا يوصي باستخدامه الا في حالة معنوية اختبار F وتتلخص هذه الطريقة في الخطوات التالية:

1. حساب اختبار F في جدول تحليل التباين ، وإذا كانت F معنوية نقارن بين المتوسطات أما إذا كانت غير معنوية فنتوقف عند تحليل التباين.
2. حساب قيمة اقل فرق معنوي محفوظ كالتالي:

$$PLSD = t_{(1-\alpha/2,v)} S_{(\bar{Y}_i - \bar{\bar{Y}}_1)} \qquad (28\text{-}3)$$

حيث تمثل

- $t_{(1-\alpha/2,v)}$ قيمة t الجدولية التي تترك على يسارها مساحة قيمتها $1-\alpha/2$ من توزيع t و v درجة الحرية الخاصة بمتوسط مربعات الخطأ أي MSE ، و α مستوى المعنوية أو أحتمال الوقوع في خطأ من النوع الأول.
- $S_{(\bar{Y}_i,-\bar{\bar{Y}}_l)}$ هو الخطأ المعياري للفرق بين متوسطين ، وتختلف معادلة الخطأ المعياري حسب التصميم وحسب التكرارات ما إذا كانت متساوية ام لا.

3. بعد ترتيب متوسطات المعالجات تصاعدياً ، يحسب الفرق بين كل متوسطين ثم يقارن بقيمة PLSD وإذا كان الفرق $|\bar{Y}_i\ ,-\bar{\bar{Y}}_l|$ اكبر من PLSD اي إذا :

$$|\bar{Y}_i\ -\bar{Y}_l| > t_{(1-\alpha/2,v)}S_{(\bar{Y}_i,-\bar{\bar{Y}}_l)}$$

فنستنتج وجود فرقاً معنوياً بين μ_i و $\acute{\mu}_i$ وفي حالة تساوي عدد التكرارات لكل المعالجات تكون هناك قيمة واحدة فقط (PLSD) نقارن بها كل الفروق بين متوسطات المعالجات ، أما في حالة عدم تساوي التكرارات فتختلف قيمة PLSD باختلاف الخطأ المعياري للفرق بين متوسطين.

في بعض الأحيان يكون F معنوياً ولكن طريقة PLSD لا تكشف عن إختلافات معنوية بين اي متوسطين ويرجع هذا لأن F يختبر كل المقارنات الممكنة بين المتوسطات ، أما PLSD فيختبر المقارنات الثنائية الممكنة (Pair wise Comparisons) فقط.

2. **إختبار توكي Tukey'sProcedure**: [4]

في هذا الاختبار نستخدم ايضاً قيمة احصائية واحدة لاختبار الفرق بين متوسطات المعالجات وتسمى هذه القيمة الفرق المعنوي الأمين(Honest Significant Different) ويرمز لها H.S.D وتحسب كما يلي:

$$H.S.D = S_{\bar{Y}_i} \times \varphi_t \quad (29\text{-}3)$$

خطوات هذا الإختبار كالآتي:

1. تقدير قيمة الخطأ القياسي لأية معالجة.
2. استخراج قيمة من جدول توزيع Q عند مستوى المعنوية المطلوب للإختبار وبمعرفة عدد المعالجات في التجربة t وعدد درجات الحرية للخطأ التجريبي.
3. نحسب قيمة H.S.D بضرب القيمتين السابقتين.
4. تقارن الفروق بين أزواج المتوسطات بقيمة H.S.D لتقدير معنويته ، فإذا كان الفرق مساوياً لهذه القيمة او زاد عليهادل ذلك على أن الفرق في تأثير المعالجتين معنوياً ، إذا قل عنها فيدل ذلك على عدم اختلاف تأثير المعالجتين على الصفة المدروسة.

3. اختبار شفي scheffe،s test :[4]

ويشبه هذا الاختبار كلا من الاختبارين السابقين في اعتماده على قيمة إحصائية واحدة بمقارنة الفروق بين أزواج متوسطات المعالجات ، ويعتمد هذا الاختبار على العلاقة بين قيمة F وقيمة t حيث أن قيمة t في حالة معالجتين تساوي وعلى ذلك يمكننا التعبير عن معادلة L.S.D السابقة كما يلي:

$$L.S.D_{0.05} = \sqrt{2\,(t_{0.05})S_i} \quad (30\text{-}3)$$

ولقد قام scheffe باستخدام هذه العلاقة وطبقها بالنسبة لأي عدد من المعالجات حيث حسب قيمته الإحصائيةالتي يستخدمها لمقارنة الفروق بين المتوسطات كما يلي:

$$Scheff's\ value = (\sqrt{2})(\sqrt{(t-1)(f_{0.05})s_i} \quad (31\text{-}3)$$

حيث :

t عدد المعاملات ، وعلى ذلك فان خطوات هذا الاختبار تتلخص في الآتي:

1. تقدير قيمة الخطأ القياسي لأية معالجة:

$$S_{\mathrm{i}} = \sqrt{\mathrm{MSE/r}} \qquad (32\text{-}3)$$

2. نستخرج قيمة F من جدول توزيع F عند مستوى المعنوية المطلوب مثلا 0.05 وبمعرفة درجات حرية المعالجات ودرجات حرية الخطأ.
3. نضرب قيمة F في درجات حرية المعالجات لنحصل على قيمة $(\mathrm{t}-1)(\mathrm{f}_{0.05})$
4. نحسب قيمة Scheffe بتطبيق المعادلة:

$$Scheff's\ value = (\sqrt{2})(\sqrt{(\mathrm{t}-1)(\mathrm{f}_{0.05})s_{\mathrm{i}}}$$

5. مقارنة الفروق بين متوسطات أزواج المعالجات التي حصلنا عليها لبيان معنوية الفروق أو عدم معنويتها ، فإذا كان الفرق مساوياً لقيمةScheffe أو أعلى منها دل ذلك على وجود فرق معنوي بين المعالجتين ، أما إذا كان الفرق بين المتوسطين أقل من قيمة Scheffe فان الفرق يكون غير معنوي.

4. طريقة دنكن لإختبار المدى المتعدد Duncan's Multiple Rang Test (DMRT)[8]

تعتبر من الطرق الشائعة الاستخدام قبل أن تنتقد حديثاً من قبل العديد من الإحصائيين ، وتتلخص هذه الطريقة في إيجاد عدة فروق معنوية ذات قيم متزايدة والتي يتوقف حجمها على مدى البعد بين المتوسطات بعد ترتيبها ، ومن هنا اتت تسمية هذه الطريقة باختبار المدى المتعدد ونلخص خطوات تنفيذها على النحو التالي:

1. ترتيب متوسطات المعالجات تصاعدياً.
2. إيجاد الخطأ المعياري للمتوسط $\mathrm{S}_{\overline{\mathrm{Y}}_{\mathrm{i}}} = \sqrt{\mathrm{MSE/r}}$ وتستخدم $\mathrm{S}_{\overline{\mathrm{Y}}_{\mathrm{i}}}$ لحساب $t-1$ قيمة أقل مدى معنوي في الخطوة القادمة ، وليست هناك مشكلة في حساب الخطأ المعياري في حالة تساوي عدد التكرارات ، أما في حالة عدم تساوي التكرارات فنستخدم بدلاً من r الوسط التوافقي (Harmonic mean)

   لمختلف التكرارات r_iأي

$$\mathrm{r_h} = \frac{\mathrm{t}}{\sum_{\mathrm{i}=1}^{t} 1/\mathrm{r_i}} \qquad (33\text{-}3)$$

3. استخراج قيمة $q_{\alpha}(\mathrm{k,v})$ من جدول دنكن للمدى المعنوي حيث $\alpha, k = 2, \ldots\ldots\ldots, t$هي مستوى المعنوية أو احتمال الوقوع في خطأ من النوع الأول و v هي درجات حرية الخطأ التجريبي MSE .
4. حساب قيمة أقل مدى معنويR_k وذلك بالنسبة لكل من $k = 2, \ldots\ldots\ldots, t$ على النحو التالي:

$$R_k = q_{\alpha}(k, v)S_{\overline{Y}_i} \qquad (34\text{-}3)$$

for$k = 2, \ldots \ldots \ldots, t$

5. مقارنة الفروق بين متوسطات المعالجات ونبدأ بمقارنة الفرق بين أكبر متوسط و أقل متوسط بقيمة أقل مدى معنوي R_t ثم نقارن الفرق بين أكبر متوسط وثاني أصغر متوسط بالقيمة R_{t-1} ونواصل هذه العملة الى ان تتم مقارنة كل الأزواج وعددها هو $t(t-1)/2$ واذا كان الفرق المحسوب بين متوسطين يساوي أو أعلى من R_k فيكون ذلك الفرق معنوياً ، ولتجنب بعض التناقضات التي تحدثأحياناً فلا يعتبر فرقاً معنوياً إذا وقع المتوسطان المعنيان بين متوسطين ليس بينهما اختلاف معنوي.

وتلخص نتائج اختبار DMRT ونتائج كل اختبار في المقارنات المتعددة ، بوضع خطوط مشتركة تحت المتوسطات التي لم تكن فروقها معنوية ، مع الإبقاء على ترتيب المتوسطات تصاعدياً.

ومن عيوب هذا الاختبار عدم حمايته الكافية من الوقوع في خطأ من النوع الأول ، أي رفض H_0 وهي صحيحة وأُثبت ان احتمال الوقوع في خطأ من النوع الأول $\alpha = 0.5$ يزداد بقيمة 0.04 لكل متوسط يضاف بعد اول متوسطين.

ونظراً لتعدد الانتقادات لهذا الاختبار فلا يوصى باستخدام DMRT ويفضل استخدام طريقة اقل فرق معنوي محفوظ.

5. اختبار نيومان – كيول Newman- Keul test :[4]

ويشبه هذا الأختبار في طريقة أجرءه الأختبار السابق فهو يعتمد على عدة قيم احصائية لمقارنة الفروق بين المتوسطات ، غير أنه بدلاً من حساب قيمة أقل مدى معنوي L.S.R عن طريق S.S.R في الخطأ القياسي لاية معالجة فاننا في هذا الاختبار نحسب قيمة L.S.R عن طريق S.S.R في الخطأ القياسي لأية معالجة فإننا في هذا الاختبار نحسب قيمة L.S.R عن طريق ضرب قيمةالتي نحصل عليها من جدول توزيع Q عندى مستوى المعنوية المطلوب وبمعرفة عدد المعالجات في المدى و درجات الحرية للخطأ في الخطأ القياسي لأية معالجة وعلى ذلك فأن قيمةL.S.R في هذا الإختبار تحسب من المعادلة:

$$L.S.R = S_i x\ Qt \qquad (35\text{-}3)$$

ونلخص خطوات تنفيذ الإختبار على النحو على النحو التالي:

1. تقدير قيمة الخطأ القياسي لأية معالجة.

2. استخراج قيمة Qt من جدول توزيع Q عند مستوى المعنوية المطلوب للاختبار وبمعرفة عدد المعالجات في التجربة t ودرجات الحرية للخطأ التجريبي.
3. حساب قيمة ال L.S.R من المعادلة:

$$L.S.R = S_i x\ Qt$$

4. ترتب المتوسطات في جدول وتحسب الفرق بينها وتقارن بقيم الL.S.R فاذا وجد الفرق بين المتوسطين مساوياً لقيمة L.S.R او اعلى منها كان هذا الفرق معنوياً ، أما إذا كان الفرق أقل من قيمة L.S.R فهذا يعني أن الفرق بين متوسطي المعاملتين غير معنوي.